

## **Ressuspensão de poeiras rodoviárias: emissões, composição química, riscos e toxicidade**

Célia Alves\*, Ismael Casotti Rienda, Margarita Evtugina, Ana Vicente, Teresa Nunes

Departamento de Ambiente e Ordenamento, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM),  
Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

e-mail: celia.alves@ua.pt

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o ar poluído em ambientes externos é responsável por mais de 4 milhões de óbitos anualmente. O material particulado inalável com diâmetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) foi classificado como o poluente atmosférico mais perigoso. A poluição do ar por material particulado reduz em 1,9 anos a expectativa média de vida. Em inúmeras regiões os níveis de  $\text{PM}_{10}$  medidos ultrapassam os recomendados pela OMS. O tráfego rodoviário é apontado como uma das principais causas para as excedências. Embora os avanços tecnológicos tenham permitido reduzir as emissões de exaustão, as emissões de “não-exaustão” não são controladas, tendo passado a fonte de poluição dominante. Estas últimas incluem as partículas que resultam do desgaste de pneus, freios e pavimentos e ainda as poeiras de ressuspensão rodoviária. Apesar da contribuição significativa para os níveis atmosféricos, as emissões e a composição química destas poeiras apresentam uma enorme variabilidade geográfica, dependendo de vários fatores como a frota em circulação e a meteorologia. Dada a escassez de estudos, foram efetuadas amostragens em rodovias de várias cidades portuguesas com o objetivo de: i) obter fatores de emissão representativos da ressuspensão rodoviária nos países do Sul da Europa e ii) efetuar a caracterização das propriedades químicas e toxicológicas deste tipo de material particulado. Para as amostragens foi utilizado um sistema constituído por uma câmara de ressuspensão, um elutriador de placas que permite apenas a passagem do  $\text{PM}_{10}$ , um porta-filtros de 47 mm de diâmetro, um regulador de fluxo e uma bomba de vácuo. Após pesagem, os filtros foram sujeitos a várias determinações analíticas. O conteúdo carbonáceo (carbono orgânico e elementar) foi determinado por uma técnica termo-ótica. A composição elementar foi analisada por espectroscopia por plasma induzido (ICP-AES e ICP-MS) ou emissão de raios X induzida por partículas (PIXE). A especiação orgânica foi obtida por cromatografia gasosa com espectrometria de massas (GC-MS). Para avaliar a toxicidade foi utilizado o bioensaio da inibição da bioluminescência da bactéria *Vibrio fischeri*. Em geral, foram obtidos fatores de emissão ( $\text{mgPM}_{10}/\text{veículo}/\text{km}$ ) mais baixos do que os reportados para outras regiões. Comparativamente com as superfícies asfaltadas, o pavimento calcetado a granito favorece a acumulação, e conseqüente ressuspensão, de cargas de poeiras muito mais elevadas. Verificou-se que o  $\text{PM}_{10}$  integra centenas de constituintes orgânicos, incluindo hopanos, *n*-alcanos e outros alifáticos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), álcoois, esteróis, vários tipos de ácidos, compostos glicólicos e fenólicos, lactonas, açúcares e ftalatos. Entre os elementos mais abundantes constam o Si, Al, Fe, Ca e K. O cálculo de índices geoquímicos (fator de enriquecimento, índice de geoacumulação, índice de poluição e risco ecológico potencial) mostrou que as poeiras rodoviárias são extremamente contaminadas por elementos do desgaste de pneus e freios (e.g. Sb, Sn, Cu, Bi e Zn), os quais contribuem para riscos ecológicos muito elevados. Quocientes de perigo superiores a 1 para alguns elementos antropogénicos sugerem potenciais efeitos não cancerígenos. Em geral, foram estimados riscos de câncer insignificantes decorrentes da exposição a metais. Embora o risco de câncer por inalação de PAH tenha também sido classificado como insignificante, o  $\text{PM}_{10}$  de algumas rodovias, por ingestão e contato dérmico, pode contribuir para centenas a milhares de novos casos de doença oncogénica por milhão de habitantes. Atendendo aos valores de  $\text{EC}_{50}$  (concentração que inibe 50% da bioluminescência), a maioria das amostras foi classificada como tóxica. Dado que o  $\text{PM}_{10}$  engloba inúmeros metais e compostos orgânicos com efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente, devem ser adotadas medidas para evitar a ressuspensão das poeiras rodoviárias. Este trabalho foi financiado pela FCT através do projeto SOPRO (POCI-01-0145-FEDER-029574), bolsas SFRH/BPD/123176/2016 e SFRH/BD/144550/2019 e contrato ao abrigo do DL 57/2017.